

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/285	3 0 1 T	9055-4M		
21/3205		7735-4M	H 0 1 L 21/ 88	R

審査請求 未請求 請求項の数6(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-155528

(22)出願日 平成4年(1992)6月16日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 星野 和弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

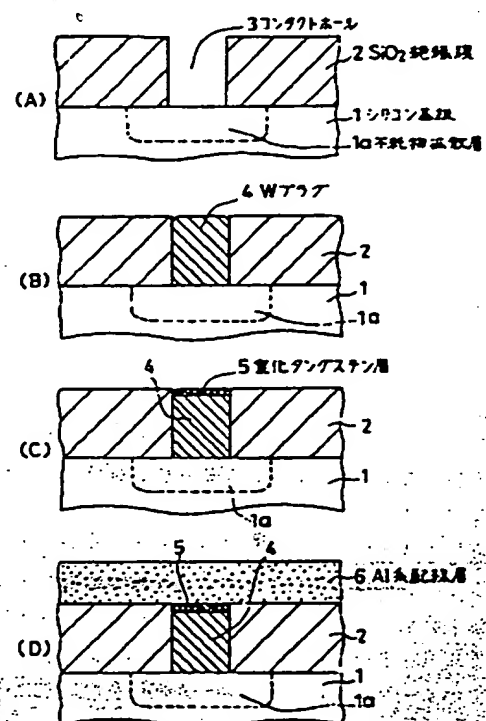
(74)代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外1名)

(54)【発明の名称】 配線の形成方法

(57)【要約】

【目的】 高融点金属プラグとAl系配線との反応を防止し、熱的に安定な配線を得る。

【構成】 コンタクトホール3に選択WCVD法でWプラグ4を形成した後、Wプラグ4の表面を窒化処理して窒化タングステン層5を形成し、その上にAl系配線層6を形成、パターンニングする。AlとWの間に窒化タングステン層5を介在させることにより、AlとWの反応が阻止され、熱的安定性を有する配線が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高融点金属材料層の表面を、窒素（N）原子を含むガス、または炭素（C）原子を含むガス、またはホウ素（B）原子を含むガスの少なくとも1つを含むガス雰囲気中で拡散的处理を施した後、該高融点金属材料層上にアルミニウム（Al）系金属材料層を形成することを特徴とする配線の形成方法。

【請求項2】 前記高融点金属材料層が、配線用接続孔内に形成される請求項1記載に係る配線の形成方法。

【請求項3】 前記高融点金属材料層の表面に、炉アニールにより、高融点金属の窒化物、または、炭化物、または、ホウ化物、または、炭窒化物の層を形成する請求項1または請求項2記載に係る配線の形成方法。

【請求項4】 前記高融点金属材料層の表面に、ランプアニールにより、高融点金属の窒化物、または、炭化物、または、ホウ化物、または、炭窒化物の層を形成する請求項1または請求項2記載に係る配線の形成方法。

【請求項5】 前記高融点金属材料層の表面に、プラズマ処理により、高融点金属の窒化物、または、炭化物、または、ホウ化物、または、炭窒化物の層を形成する請求項1または請求項2記載に係る配線の形成方法。

【請求項6】 高融点金属材料層の表面に、イオン注入工程及びアニール工程を施して、高融点金属の窒化物、または、炭化物、または、ホウ化物の層を形成し、該高融点金属材料層上にアルミニウム系金属材料層を形成することを特徴とする配線の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置に適用される配線の形成方法に関し、特に、接合リーク電流が少なく、コンタクト抵抗が低く、且つ信頼性の高いコンタクト構造を得る方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体集積回路のデザイン・ルールは縮小化に伴い、基板と配線間の電気的接続を取るためのコンタクトホールや、多層配線間の電気的接続を取るためのビアホールの径も微細化し、アスペクト比は1を越えるまでになって来ている。従来、このような高アスペクト比の微細接続孔において平坦化及び良好な電気的接触を得るための方法として、以下に述べる代表的な2つの方法が知られている。

【0003】 一つの方法は、高温スパッタ法による埋め込み技術である。これは、基板を約500℃に加熱した状態でAlをスパッタしAlの表面流動性を利用して接続孔にAlを埋め込む方法である。この場合、Alと基板シリコンの反応を防ぐためにTiN等のバリアメタルを敷く必要がある。しかしながら、高アスペクト比の微細接続孔においてはスパッタによるバリアメタル形成時のカバレッジ不足により、ホール側壁及び底部に十分な厚さのバリアメタルを形成することが出来ず、コンタ

クト特性を劣化させることが問題となる。

【0004】 もう一つの方法は、接続孔内部に選択CVD法、ないし非選択CVD法とエッチバックによりWプラグを形成し、その上にAl配線を形成する技術である。この方法では平坦化は達成されるが、Al配線形成後シンターを行うと、WとAlの間で反応が生じ、コンタクト抵抗が上昇するという問題があった。そこで、Al配線の下にTiN等のバリアメタルを敷き、WとAlの反応を抑制した積層構造配線が考案されたが、バリアメタル上のAl配線は、SiO₂上のAl配線に比べてエレクトロマイグレーション耐性が低く信頼性の面で問題があるとうことが明らかになってきた。これは、バリアメタル上では、Alの結晶粒が小さくなり、EM耐性の良いバンパー構造配線が得られにくいためである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 以上説明したように、高温スパッタ法による埋め込み技術ではバリアメタル形成時のカバレッジ不足により、コンタクトホール側壁及び底部に十分な厚さのバリアメタルを形成することが出来ず、コンタクト特性を劣化させることが問題となる。また、選択CVD-Wによるプラグ形成技術ではバリアメタルが無い場合にはWとAlの反応によるコンタクト抵抗の上昇が問題となり、バリアメタルが有る場合にはエレクトロマイグレーション耐性の劣化が問題である。即ち、高温スパッタ法、Wプラグ形成法による微細コンタクト形成方法のいずれの技術を用いても、電気的特性もしくは信頼性の面で問題を有している。

【0006】 今後の高密度デバイスではコンタクトホール径が更に縮小し、高アスペクト比になることが予想されるため、これらの課題を解決するような信頼性の高いコンタクト構造の実現は非常に重要な課題である。

【0007】 本発明は、このような従来の問題点に着目して創案されたものであって、高融点金属材料層とAl系金属材料層との反応を防止して、熱的安定性が高く、しかもエレクトロマイグレーション耐性を有する配線の形成方法を得んとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 そこで、本発明は、高融点金属材料層の表面を、窒素（N）原子を含むガス、または炭素（C）原子を含むガス、またはホウ素（B）原子を含むガスの少なくとも1つを含むガス雰囲気中で拡散的处理を施した後、該高融点金属材料層上にアルミニウム（Al）系金属材料層を形成することを、その解決手段としている。また、拡散的处理として、炉アニール、ランプアニール、プラズマ処理を用いる。さらに、イオン注入法を用いて高融点金属表面に高融点金属の窒化物、炭化物、ホウ化物等を形成することを特徴とする。

【0009】

【作用】 本発明は、コンタクトホール内部にW等の高融

点金属を選択CVD法で形成し、その高融点金属の上層部に窒化物又は炭化物又はホウ化物又は炭窒化物を形成した後、Al配線を形成すれば、以下に述べる作用によって電気的特性・信頼性の高いコンタクト構造が実現できる。

【0010】先に述べたように、Wプラグ形成後、Al配線をスパッタ法で形成し、450℃程度の熱処理を行うと界面でWとAlが反応する。図6にW-Alの平衡状態図を示す。X線回折でこの場合の反応生成物を分析するとWAl₁₁が観測される。WAl₁₁層は450℃程度の温度ではその厚さは5~20nmであるが、この反応生成物が生じるとコンタクト抵抗の増大が見られる。また、熱処理温度が高い程、WAl₁₁層の厚さは増し、コンタクト抵抗の増大が顕著に現れる。

【0011】先ず、Wを窒化すると窒化タングステン(WN_x、N、WN等、代表的にWN_xと記す)を形成する。この窒化タングステンは、TiN、TiON等と同様にAlの拡散防止膜としての効果がある。この点について、浦井等の報告(第48回、応用物理学会学術講演予集、18p-Q-10、1987年)に記されている。すなわち、Wプラグとその上方にあるAl配線の間にWN_x層を介在させることによってWとAlが直接接することが無くなり反応が阻止される。また、WN_xの熱的安定性は高く、550℃までの熱処理を加えてもコンタクト抵抗の上昇は観測されない。

【0012】WN_xの抵抗は、TiNと同等でありコンタクト抵抗を上昇せしめるほど大きくないので、安定して良好なコンタクト特性が得られる。

【0013】本発明では、コンタクトホール部に自己整合的にWN_xが形成され、この部分でのAlとWの反応が生じなければよいわけなので、SiO₂上領域では、バリアーメタル構造のAl配線は必要無くなる。すなわち、バリアーメタル構造のAl配線を用いないので、エレクトロマイグレーション耐性の高い配線が実現出来る。

【0014】また、Wを炭化すると炭化タングステン(WC_x、C、WC等、代表的にWC_xと記す)を形成する。このWC_x層上にAl配線を形成し、450℃程度のシンターを行うと以下の反応が生じる。

【0015】C(炭素)はWよりもAlと結合しやすい。これは炭化物生成自由エネルギーがAlの方がWに比べて低いことによるものである。WC_xのCはAlと反応し、AlC_xとなりWC_xは還元される。これは、以下の反応式で表される。

【0016】 $WC_x + Al \rightarrow AlC_x + W$

従って、シンター後はAl配線とWプラグの間に薄いAlC_x層が形成される。この様にして形成されたAlC_xは、TiN等のバリアーメタルと同様にWとAlの間の反応を防止する作用がある。即ち、Wプラグとその上方にあるAl配線の間にAlC_x層が形成されることによ

ってWとAlの反応が阻止される。また、AlC_xの熱的安定性は高く、550℃までの熱処理を加えてもコンタクト抵抗の上昇は観測されない。

【0017】この場合も、コンタクトホール部に自己整合的にAlC_xが形成され、この部分でのAlとWの反応が生じなければならないわけなので、SiO₂上領域では、バリアーメタル構造のAl配線は必要無くなる。すなわち、バリアーメタル構造のAl配線を用いないので、エレクトロマイグレーション耐性の高い配線が実現出来る。

【0018】さらに、Wをホウ化するとホウ化タングステン(W₂B₃、B、WB等、代表的にWB_xと記す)を形成する。このWB_x層は、TiN等のバリアーメタルと同様にWとAlの間の反応を防止する作用がある。WB_xの熱的安定性は高く、550℃までの熱処理を加えてもバリアー性は保たれコンタクト抵抗の上昇は見られない。

【0019】接続孔内部のWプラグとAl配線の反応が生じなければよいわけなので、ホール以外のSiO₂上領域では、バリアーメタル構造のAl配線は当然必要無くなる。すなわち、本発明を適用すれば、Al配線の下にバリアーメタルを敷かなくて良いので、Al配線の結晶粒を粗大化でき、バンパー構造の配線が得られるため、エレクトロマイグレーション耐性の高い配線が得られるのである。

【0020】

【実施例】以下、本発明に係る配線の形成方法の詳細を図面に示す実施例に基づいて説明する。

【0021】(実施例1)本実施例は、先ず、図1(A)に示すように、不純物拡散層1aが形成されたシリコン基板1上の例えば膜厚700nmに堆積されて成るSiO₂絶縁膜2に、リソグラフィ技術及びドライエッチング技術を用いてコンタクトホール3を開孔する。

【0022】次に、図1(B)に示すように、選択タングステンCVD法を用いて、コンタクトホ3内に高融点金属材料層としてのWプラグ4を成長させる。この選択タングステンCVDの条件の一例を以下に示す。

【0023】(選択タングステンCVDの条件)

○ガス及びその流量

六弗化タングステン(WF₆)…10sccm

シラン(SiH₄)…7sccm

水素(H₂)…1000sccm

アルゴン(Ar)…10sccm

○圧力…27.0Pa

○成長速度…400nm/分

かかるWプラグ4によってコンタクトホール3が完全に埋め込まれた後、続いて、電気炉にシリコン基板(ウエハ)を挿入し、以下に示す条件の窒素雰囲気中でWプラグ4の表面を窒化させる。なお、ここで使用する電気炉は

通常のものでよいが、Wの酸化を防ぐため、窒素の流量を大きくして、炉内の残留酸素を出来るだけ除去することが必要である。

【0024】(窒化処理条件)

○温度…500℃

○窒素(N₂)流量…50slm

○処理時間…30分

かかる条件でWプラグ4の窒化を行なうと、図1(C)に示すように、Wプラグ4の表面に約50nmの膜厚の窒化タングステン(WN₂)層5が形成される。なお、この窒化タングステン層5の膜厚は、処理温度及び処理時間によって制御することができる。

【0025】そして、窒化処理が終了した後、シリコン基板を取り出し、続いて、図1(D)に示すように、全面にAl系配線層6を、DCマグネトコンスパッタリング法で形成する。ここでは、初めに窒化タングステン層5の表面にある自然酸化膜をRFエッチングで除去し、その後、例えば以下に示すような条件でAlスパッタを行なう。なお、このAl系配線層6は、Al-1%Siで成り、形成膜厚は500nmとした。

【0026】(Al系配線層6のスパッタ条件)

○ターゲット…Al-1%Si

○ガス及びその流量

アルゴン(Ar)…40slm

○圧力…0.67Pa

○基板温度…150℃

○膜厚…500nm

かかるAl系配線層を形成した後、通常のリソグラフィ技術及びエッチング技術により配線パターンを形成する。このようにして形成されたコンタクト構造は、シンターを行なっても、窒化タングステン(WN₂)層5の作用でAlとWの反応が阻止される。これによって、熱的に安定性の高い配線構造が得られる。

【0027】(実施例2)本実施例は、図2に示すようなマルチチャンバプロセス装置を用いて、上記実施例1におけるWプラグ4の窒化処理をランブアニール法により窒化タングステン(WN₂)層5を形成した例である。このマルチチャンバプロセス装置は、図2に示すように、Alスパッタ処理を行なうPVDチャンバ11と、選択タングステンCVD処理を行なうCVDチャンバ12と、ラピッドサーマルアニール(ランブアニール)を行なう窒化処理を行なうRTAチャンバ13と、ロードロックチャンバ14A、14Bが、ウエハ搬送アーム15を備えてウエハ16を夫々のチャンバに搬送する搬送チャンバ17にゲートバルブを介して結合された装置である。

【0028】以下、本実施例の各工程を、再度図1

(A)～(D)を用いて説明する。

【0029】まず、図1に示すように、上記実施例1と同様に、SiO₂絶縁膜2にコンタクトホール3を開孔

し、続いて、図2に示したマルチチャンバプロセス装置にウエハを搬入し、初めにCVDチャンバ12にウエハを入れ、上記実施例1と同様のCVD条件で選択タングステンCVDを行ない、図1(B)に示すように、コンタクトホール内にWプラグ4を形成する。

【0030】次に、ウエハをRTAチャンバ13に移し、Wプラグ4の表面の窒化処理を行なう。以下に、この窒化処理の条件を示す。

【0031】(窒化処理条件)

10 ○ガス及びその流量

アンモニア(NH₃)…1.0slm

○圧力…1330Pa

○温度…650℃

○時間…20秒

かかる窒化条件で窒化処理を行なうと、図1(C)に示すように、約50nmの窒化タングステン(WN₂)層5が形成できる。

【0032】次に、ウエハをPVDチャンバ11に移し、図1(D)に示すように、全面にAl系配線層6をDCマグネトコンスパッタ法で形成する。このAlスパッタ条件は、上記実施例1と同様である。

20 【0033】さらに、上記実施例1と同様に配線のパターニングを行なえばよい。

【0034】本実施例においても、窒化タングステン層5の作用でAlとWの反応が阻止され、熱的に安定性の高い配線構造が得られる。

【0035】(実施例3)本実施例は、上記実施例1と同様にコンタクトホールにWプラグを選択CVD法にて選択成長させた後、Wプラグの表面を炭化して炭化タングステン(WC_x)層7を形成し、AlとWの反応を阻止しようとするものである。

【0036】本実施例においては、図3(A)に示すように、コンタクトホールの形成、Wプラグ4の形成工程までは、上記実施例1及び実施例2と同様である。

【0037】次に、ウエハを電気炉に移し、炭素雰囲気中でWプラグ4の表面を炭化する。本実施例においても、電気炉は通常のもを用い、Wの酸化を防ぐため、反応ガス流量を十分とり、炉内の残留酸素を出来るだけ除去する必要がある。以下に、この炭化処理の条件を示す。

40 【0038】(炭化処理条件)

○温度…600℃

○ガス及びその流量

メタン(CH₄)…50slm

○時間…30分

かかる条件でWの炭化を行なうと、図3(B)に示すように、Wプラグ4の表面に約10nmの炭化タングステン(WC_x)層7が形成できる。この炭化タングステン層7の膜厚は、処理温度及び処理時間によって制御することができる。

50 【0039】後工程のAl系配線層6の形成、パターニ

ングは、上記実施例1及び実施例2と同様である。そして、450℃のシンターを行なって配線が完成する。こうして形成された配線構造は、シンターを行なっても、炭化タングステン(WC₁)層7の作用でA1とWの反応が阻止され、熱的に安定性の高いコンタクト構造が得られる。

【0040】(実施例4)本実施例は、実施例3における炭化処理をRTA法に置き換えた例である。

【0041】このRTA法によるWの炭化処理条件は、以下に示す通りである。

【0042】(RTA法による炭化処理条件)

○ガス及びその流量

メタン(CH₄)...1.0slm

○圧力...1330Pa

○温度...650℃

○時間...20分

かかる炭化処理により、本実施例では、Wプラグ表面に厚さ約10nmの炭化タングステン(WC₁)層が形成された。本実施例における他の工程及び作用・効果は、上記実施例3と同様である。

【0043】(実施例5)本実施例は、実施例3における炭化処理を、プラズマ炭化に置き換えた例である。

【0044】本実施例においては、図4に示すようなプラズマ処理装置を用いてプラズマ炭化を行なう。この装置は、同図に示すように、チャンバ21内に、ウエハ16を載置する、ヒータ28が内蔵されたステージ24と、このステージ24に対向する対向電極24が設けられ、ガス導入管25、ターボ分子ポンプ26、RF電源27等が接続されて成る。

【0045】かかるプラズマ処理装置に、Wプラズマが形成されたウエハ16を移し、真空排気をした後、ガスを導入、所定の圧力を設定し、次に、RF電源27をONにしてプラズマを発生させる。このプラズマ処理条件の一例を以下に示す。

【0046】(プラズマ炭化の条件)

○ガス及びその流量

四弗化炭素(CH₄)...100sccm

○パワー...400W

○圧力...133Pa

○温度...250℃

このようにして、Wプラグの表面に炭化タングステン(WC₁)層が形成された後の工程は、上記実施例3及び実施例4と同様である。

【0047】(実施例6)本実施例は、図5(A)に示すように、上記実施例1と同様にコンタクトホール内にWプラグ4を形成した後、ウエハを拡散炉に移し、Wプラグ4の表面をホウ化処理して、図5(B)に示すような、ホウ化タングステン(WB₁)層8を形成する。ここで用いた拡散炉は通常のものでよいが、Wの酸化を防止するため、ガス流量を十分にとり、炉内の残留酸素を

出来るだけ除去する必要がある。以下に、Wのホウ化処理条件を示す。

【0048】(ホウ化処理条件)

○温度...600℃

○ガス及びその流量

BH₃...50slm

○時間...30分

かかる条件でWのホウ化を行なった結果、Wプラグ4の表面に厚さ約10nmのホウ化タングステン層8が形成された。形成されるホウ化タングステンの厚さは、処理温度及び処理時間によって制御される。

【0049】次に、上記実施例1と同様にA1系配線層6を、図5(C)に示すように形成し、パターニングを行なって配線が完成する。なお、A1系配線層6をスパッタ形成す前に、ホウ化タングステン層8表面に酸化層が形成されている場合には、例えば、Ar40sccm、圧力0.03Pa、パワー500W(DC)、時間30秒でスパッタクリーニングを行い酸化層を除去しておく必要がある。

【0050】本実施例によれ形成された配線も、上記の実施例と同様にA1とWの反応が阻止できるため、熱的に安定なコンタクト構造となる。

【0051】(実施例7)本実施例は、上記実施例6におけるホウ化処理をプラズマホウ化法を用いて行なうものであり、このプラズマホウ化には上記実施例5で用いた図4に示すようなプラズマ処理装置を用いる。

【0052】以下に、プラズマホウ化の条件の一例を示す。

【0053】(プラズマ生成条件)

○ガス及びその流量

BH₃...120sccm

○圧力...133Pa

○RFバイアス...600W

○基板温度...300℃

かかる処理を約1分間行なうと、図5(B)に示すようなホウ化タングステン層8が膜厚約10nmの厚さで形成された。なお、本実施例においては、他の工程は上記実施例と同様である。

【0054】(実施例8)本実施例は、上記実施例6におけるホウ化処理を、ホウ素のイオン注入法に置き換えた例である。なお、他の工程は上記各実施例と同様である。以下に、ホウ素のイオン注入条件を示す。

【0055】(イオン注入条件)

○イオン種...BF₃

○打込みエネルギー...70KeV

○打込み量...1×10¹⁵atoms/cm²

かかる条件でイオン注入を行ない、その後450℃、30分のアニール(Ar雰囲気)を行ない、Wプラグの表面に約10nmの膜厚のホウ化タングステン層が形成された。

【0056】以上、各実施例について説明したが、本発明は、これらに限定されるものではなく、構成の要旨に付随する各種の設計変更が可能である。

【0057】例えば、上記実施例においては、高融点金属材料としてタングステン (W) を適用して説明したが、この他に Mo, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Pd, Cr, Re 及びそのシリサイドを適用することが可能である。

【0058】また、窒素を含むガスとしては、 N_2 , NH_3 , N_2H_4 等を用いることが可能であり、また、炭素を含むガスとしては、 CH_4 以外の炭化水素を用いても勿論よい。

【0059】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、プラグ等を形成する W などの高融点金属材料層とアルミニウム系金属材料層との反応を阻止できるため、Al シンター後のコンタクト抵抗上昇を防止する効果がある。このため、熱的安定性の高い配線構造が得られる効果がある。

【0060】また、Al 系金属材料層の下にバリアメタル層を形成する必要がなくなるため、プロセスの簡略化が図れると共に、バリアメタル積層構造で問題となるエレクトロマイグレーション耐性の劣化がなくなり、信頼性の高い配線が得られる効果がある。

【0061】さらに、高融点金属、特にタングステンの選択 CVD によって形成されたプラグに適用することに

より、平坦化構造の配線が形成でき、信頼性が向上する効果がある。

【0062】また、例えば RTA 法により窒化等を行なう場合には、マルチチャンバプロセス装置を用いることが可能となり、プロセスの安定化及びスループットの点で有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A) ~ (D) は本発明の実施例1の工程を示す要部断面図。

10 【図2】本発明の実施例2に用いたマルチチャンバプロセス装置の説明図。

【図3】(A) ~ (C) は本発明の実施例3の工程を示す要部断面図。

【図4】本発明の実施例5に用いたプラズマ処理装置の説明図。

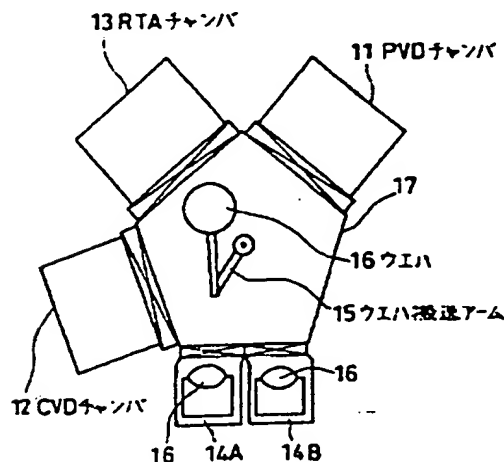
【図5】(A) ~ (C) は本発明の実施例6の工程を示す要部断面図。

【図6】Al-W の平衡図。

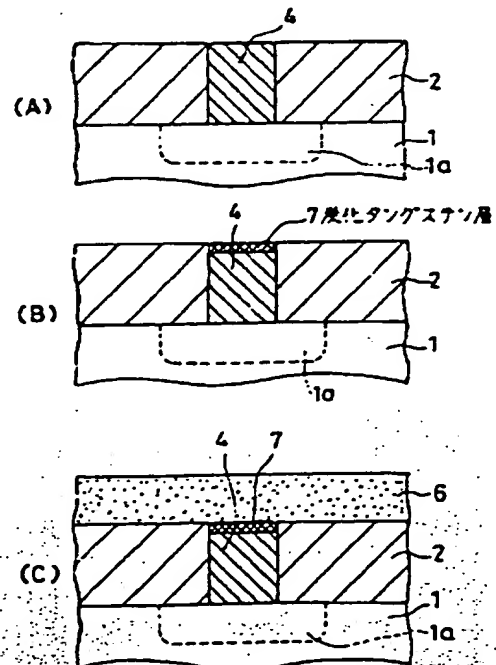
【符号の説明】

- 1…シリコン基板
- 1a…不純物拡散層
- 2… SiO_2 絶縁膜
- 3…コンタクトホール
- 4…W プラグ
- 5…窒化タングステン層
- 6…Al 系配線層

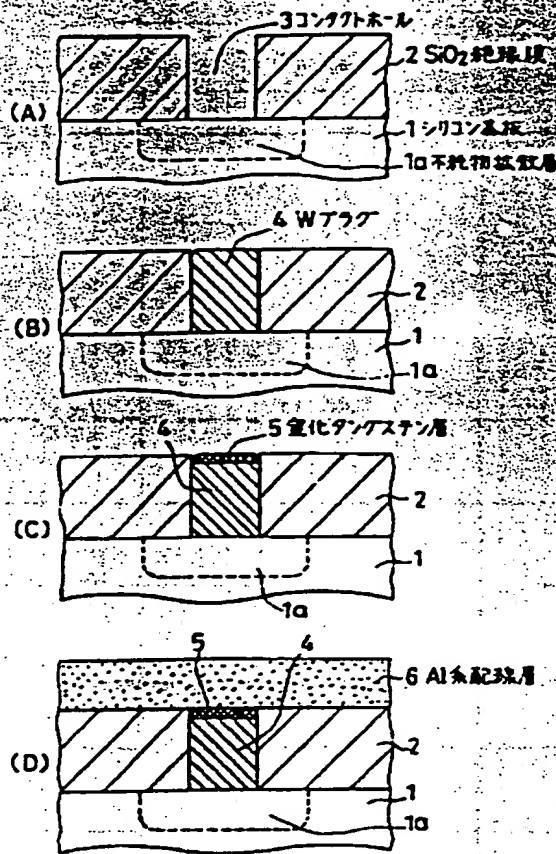
【図2】



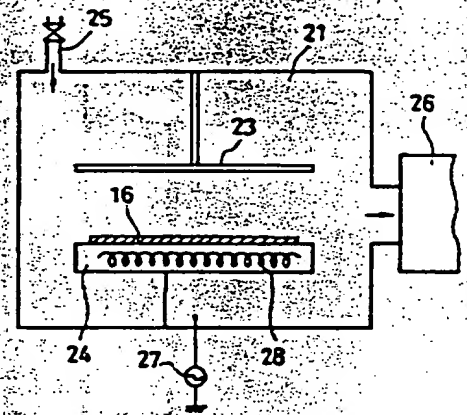
【図3】



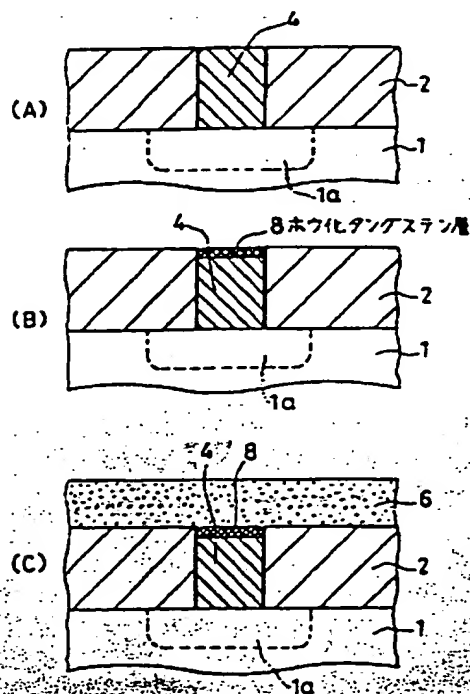
【図1】



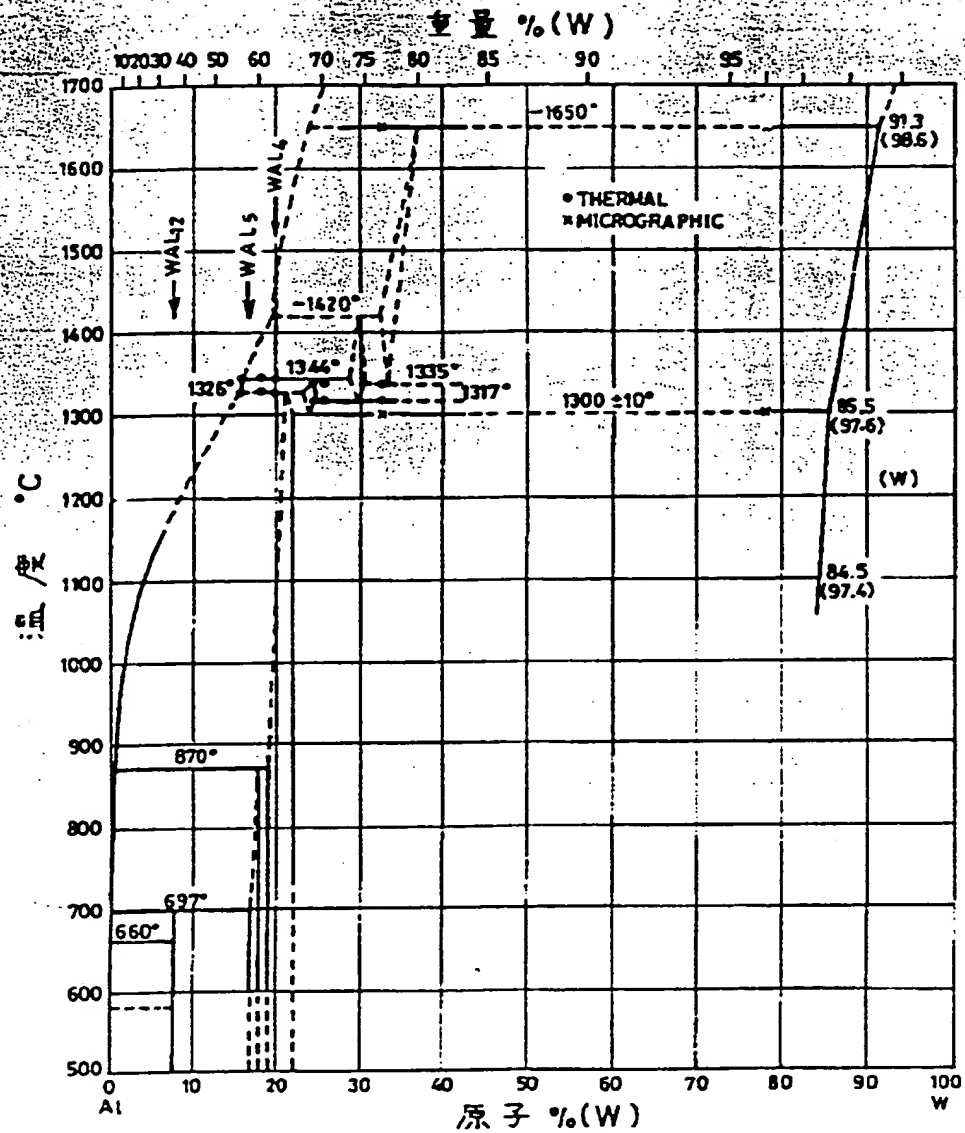
【図4】



【図5】



【図6】



Al-Wの平衡図